

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-151396

(43)Date of publication of application : 31.05.1994

(51)Int.Cl.

H01L 21/304

H01L 21/302

(21)Application number : 04-317817

(71)Applicant : TOKYO ELECTRON LTD

(22)Date of filing : 02.11.1992

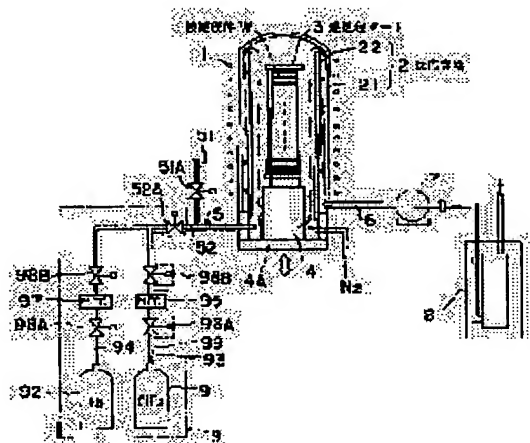
(72)Inventor : NINO REIJI
FUJITA YOSHIYUKI
OBE SATOYUKI

(54) CLEANING METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To efficiently perform a cleaning in a short time using various cleaning gases without damaging a treatment container and the like, by supplying a cleaning gas into the treatment container, and removing the coating film formed within the treatment container by means of the cleaning gas.

CONSTITUTION: In a method for cleaning the inside of a reaction container 2 containing an object to be treated W and forming a BPSG film on the object to be treated W, a cleaning gas is supplied 52 into the reaction container 2 while keeping the cleaning temperature of the reaction container 2 in the vicinity of the temperature of the reaction container 2 kept at the time of treating the object to be treated W. By this cleaning gas, the BPSG film formed in the reaction container 2 is removed. This allows the cleaning to be efficiently performed in a short time using various cleaning gases, without damaging the treatment container and the like.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.12.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 16.10.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

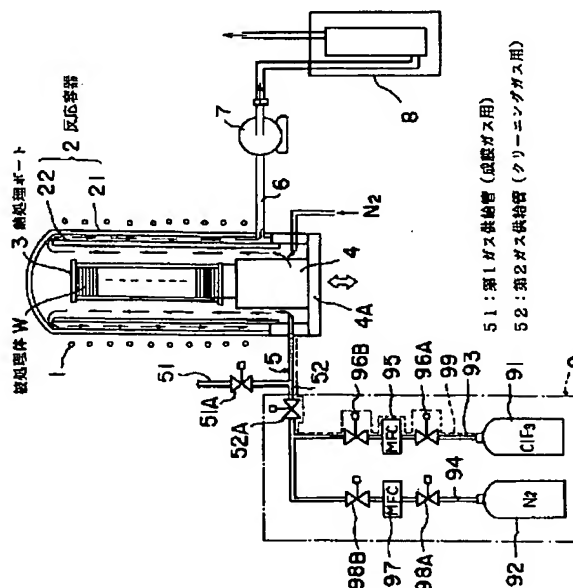
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

(11)特許出願公開番号

(43)公開日 平成6年(1994)5月31日

N 9277-4M



【特許請求の範囲】

【請求項1】 被処理体を収納し、この被処理体に所定の被膜を形成する処理容器の内部をクリーニングする方法において、上記処理容器のクリーニング温度を、上記被処理体の処理時に保持されている上記処理容器の温度近傍に保持した状態で、上記処理容器内にクリーニングガスを供給し、このクリーニングガスにより上記処理容器内に形成された被膜を除去することを特徴とするクリーニング方法。

【請求項2】 上記被膜がBPSG膜で、上記クリーニング温度を600～700℃に設定すると共に上記クリーニングガスとして三フッ化塩素ガスと窒素ガスの混合ガスを、その圧力が0.5～2.0 Torrで、三フッ化塩素ガスが500～2800 sccm、窒素ガスが1500～2800 sccmになるように供給することを特徴とする請求項1に記載のクリーニング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、クリーニング方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来から、半導体デバイスの製造工程において、ポリシリコン膜、アモルファスシリコン膜等のシリコン被膜、PSG膜、BPSG膜等のシリコン酸化膜、あるいはシリコン窒化膜等の被膜を減圧CVDや常圧CVD等の処理によって半導体ウエハ等の被処理体へ成膜することが広く行なわれている。

【0003】このようなシリコン被膜等の成膜工程では、一般に、石英等のセラミックスからなる反応容器を囲繞する抵抗発熱体等からなる加熱炉を配置して構成された熱処理装置が用いられている。そして、熱処理をする際には、所定の熱処理温度に保持された反応容器内に多数枚の半導体ウエハ等の被処理体を石英等のセラミックスからなる熱処理ポートを介して収納し、この反応容器内へ SiH_4 、 SiH_2Cl_2 、 NH_3 、 O_2 等の反応性ガスを導入することによってシリコン膜等の成膜が行なわれている。成膜後は、熱処理ポートを介して被処理体を反応容器内から取り出し、次の被処理体を収納するようにしているが、この間は反応容器を熱処理温度に加熱した状態にしてある。

【0004】上述のような処理を繰り返していると、反応容器及び熱処理ポート等の石英治具類にもシリコン被膜等の被膜が繰り返し成膜されて被膜の膜厚が増加する。この被膜を放置すると、やがてこの被膜が被処理体の処理時に剥離してパーティクルを発生させ、このパーティクルが反応容器内で浮遊して被処理体に付着して歩留りを低下させる原因になる。そのため、従来は、ある頻度で反応容器の温度を常温付近まで下げた後、反応容器や治具類を所定位置から取り外し、ウェット洗浄することによってそれらの被膜を除去するようにしている。

【0005】ところが、上述のようなウェット洗浄による反応容器等のクリーニング方法では、クリーニングの度毎に反応容器内の温度を下げて反応容器等を一旦取り外してクリーニングを行ない、その後反応容器等を組み立ててガスのリークテスト等を行なわなくてはならず、そのため例えば20～30時間という長時間に亘り熱処理装置の稼働を停止しなくてはならず、装置の稼働効率を低下させるという課題があった。また、熱処理装置においてもロードロックシステムのように反応容器内やローディング部を常時真空保持することが考えられており、このような場合には、クリーニング対象物を本体から容易に取り外すことができないという課題があり、また、このような課題は最近の被処理体の大口径化に伴って大型化した装置の場合についてもある。そこで、最近では、反応容器内にエッチングガスをクリーニングガスとして供給し、このクリーニングガスによって被膜を除去するクリーニング方法が用いられるようになってきている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、クリーニングガスをを用いた従来のクリーニング方法では、被処理体の処理温度に保持されていた反応容器の温度とクリーニング時の反応容器の温度とが著しく異なっている場合には、反応容器内に形成された被膜の線膨張率と反応容器等に用いられている材料の線膨張率との差により、熱処理時の温度とクリーニング時の温度との温度差によって反応容器等と被膜との間に熱応力が発生し、この熱応力によってクリーニング時に反応容器等の表面に付着した被膜の剥離を誘引し、延いては剥離した被膜がパーティクルの原因となってその後の被処理体の処理の歩留りを低下させるという課題があった。

【0007】本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、クリーニング時に被膜を処理容器等から剥離させることなく、しかも種々のクリーニングガスをを用いて処理容器等にダメージを与えることなく短時間で効率良くクリーニングすることができるクリーニング方法を提供することを目的としている。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、処理容器のクリーニングガスをを用いたクリーニング条件について種々検討した結果、クリーニングガスをを用いて特定の温度条件下でクリーニングすることにより被膜を剥離させることなく、しかも処理容器等にダメージを与えることなく処理容器を短時間で効率良くクリーニングできることを知見した。また、更に、処理容器に付着する物質に対するクリーニング条件について同様に検討した結果、特定の被膜に対しては特定のクリーニングガスを特定の条件で供給することにより処理容器を短時間で効率良くクリーニングできることを知見した。

【0009】本発明は上記知見に基づいてなされたもの

で、本発明の請求項1に記載のクリーニング方法は、被処理体を収納し、この被処理体に所定の被膜を形成する処理容器の内部をクリーニングする方法において、上記処理容器のクリーニング温度を、上記被処理体の処理時に保持されている上記処理容器の温度近傍に保持した状態で、上記処理容器内にクリーニングガスを供給し、このクリーニングガスにより上記処理容器内に形成された被膜を除去するようにしたものである。

【0010】また、本発明の請求項2に記載のクリーニング方法は、請求項1の発明において、上記被膜がBPSG膜である場合には、上記クリーニング温度を600～700℃に設定すると共に、上記クリーニングガスとして三フッ化塩素ガスと窒素ガスの混合ガスを、その圧力が0.5～2.0Torrで、三フッ化塩素ガスが500～2000sccm、窒素ガスが1500～2800sccmになるように供給するようにしたものである。

【0011】

【作用】本発明の請求項1に記載の発明によれば、処理容器内で被処理体を所定の温度で処理した後、上記処理容器のクリーニング温度を、上記被処理体の処理時に保持されている上記処理容器の温度近傍に保持した状態で、上記処理容器内にクリーニングガスを供給すると、このクリーニングガスにより上記処理容器内に形成された被膜を処理容器等から剥離させることなく短時間で除去し、その後の被処理体の処理時におけるパーティクルの発生を防止することができる。

【0012】また、本発明の請求項2に記載の発明によれば、処理容器内で被処理体を所定の温度で処理して処理容器内にBPSG膜が形成された場合には、上記クリーニングガスとして三フッ化塩素ガスと窒素ガスの混合ガスを供給し、この供給に際して、そのクリーニング温度を600～700℃に設定すると共に、その圧力を0.5～2.0Torr、三フッ化塩素ガスを500～2000sccm、窒素ガスを1500～2800sccmに設定することによってBPSG膜を処理容器等から剥離させることなく短時間で除去し、その後の被処理体の処理時におけるパーティクルの発生を防止することができる。

【0013】

【実施例】以下、図1に示すパッチ式縦型熱処理装置をクリーニングする場合を例に挙げて本発明のクリーニング方法の好ましい一実施態様について説明する。

【0014】本発明のクリーニング方法の一実施態様について説明する前に、まず、この実施態様を適用する縦型熱処理装置について説明する。図1に示す縦型熱処理装置は、同図に示すように、加熱炉1と、この加熱炉1内に配置された石英等のセラミックスからなる処理容器としての反応容器2と、この反応容器2内に半導体ウェハ等の被処理体Wを水平に複数枚保持した状態で同図矢印で示したようにロード、アンロードする石英等のセラミックスからなる熱処理ポート3とを備えて構成されて

いる。また、上記反応容器2は、上端が閉塞し且つ下端に開口して形成された外筒21と、この外筒21内に軸芯を一致させて配置された上下両端が開口して形成された内筒22とを備え、全体として下端に開口部が形成された二重構造の容器として構成されている。そして、この反応容器2内に上記熱処理ポート3をロードすると、この熱処理ポート3下端の保温筒4に形成されたキャップ4Aで上記反応容器2の開口部を封止して反応容器2内の気密状態を形成するように構成されている。

【0015】また、上記反応容器2の下端にはガス供給管5が接続され、このガス供給管5を介して被処理体Wの熱処理に必要な反応性ガス及びクリーニングガスを上記反応容器2内へ供給するように構成されている。即ち、上記ガス供給管5は、その上流側で反応性ガスを供給する第1ガス供給管51と、クリーニングガスを供給する第2ガス供給管52とに分岐し、それぞれのガス供給管51、52に配設されたバルブ51A及び52Aを開閉してそれぞれのガスを上記反応容器2内へ個別に供給できるように構成されている。また、上記反応容器2の下端にはガス排気管6が接続され、このガス排気管6に配設された真空ポンプ7によって上記反応容器2内を所定の真空状態に調整すると共に、処理後のガスを排気するように構成されている。更に、上記ガス排気管6の下流端には真空ポンプ7によって排気された処理ガスを無害化するガス処理装置8が接続されている。尚、このガス処理装置8はその内部に貯留された薬剤によって処理ガスを無害化するように構成されている。

【0016】また、本発明の一実施態様に用いられるクリーニングガスは、上記バルブ52Aを介して上記第2ガス供給管52の上流端に接続されたクリーニングガス供給装置9から上記反応容器2内へ供給するように構成されている。即ち、このクリーニングガス供給装置9は、例えば、被膜をエッチング除去する三フッ化塩素が貯留された第1ボンベ91と、この三フッ化塩素を希釈してクリーニングガスとして調整する窒素ガスが貯留された第2ボンベ92と、これらの各ボンベ91、92それぞれのガスを上記第2ガス供給管52へそれぞれ供給する第1分岐管93、94とを備えて構成されている。そして、上記三フッ化塩素を供給する第1分岐管93には、ガス流量を制御するマスフローコントローラ95と、このマスフローコントローラ95の前後に位置するバルブ96A、96Bがそれぞれ配設され、これら三者によって三フッ化塩素の供給流量を調整するように構成されている。また、上記第2分岐管94にも同様のマスフローコントローラ97及びバルブ98A、98Bがそれぞれ配設されている。また、上記第1分岐管93及びそのマスフローコントローラ95、バルブ96A、96Bにはテープヒータ99が巻装され、このテープヒータ99によって三フッ化塩素の再液化を防止するように構成されている。

【0017】さて、上記縦型熱処理装置を用いて被処理体WにBPSG膜を形成する場合には、加熱炉1で熱処理温度、例えば、600～700℃に加熱された反応容器2内へ熱処理ポート3をロードして水平に保持した複数枚の被処理体Wを反応容器2内に収納すると共に保温筒4のキャップ4Aで反応容器2の開口部を封止する。次いで、真空ポンプ7を駆動させて反応容器2内を例えば0.001 Torr程度に減圧した後、1.0 Torrの真空度を保持した状態で第1ガス供給管51のバルブ51Aを開放してガス供給管5を介して反応容器2内に反応性ガス、つまりTEOS、PH₃、TMB、O₂及びB-O₂をそれぞれ所定の供給量で所定時間供給して反応容器2内の圧力を1.0 Torrに保持して被処理体Wに5 μmのBPSG膜を成膜する。

【0018】次いで、熱処理ポート3を反応容器2からアンロードして被処理体Wを熱処理ポート3から移載した後、熱処理時の温度に保持された反応容器2内に空の熱処理ポート3を上述したと同様にロードして反応容器2を封止する。然る後、その熱処理温度近傍の温度下で上述したように反応容器2内を減圧して第2ガス供給管52のバルブ52Aを開放してガス供給管5を介して反応容器2内にクリーニングガスとして三フッ化塩素を500～2000 sccm及び窒素ガスを1500～2800 sccmずつ供給し、この時のクリーニングガスの圧力を0.5～2.0 Torrに設定し、この状態でクリーニングガスを供給して反応容器2内をクリーニングすると、上記反応容器2に形成されたBPSG膜を1時間弱という短時間で効率良く除去することができる。この時のクリーニングガス中の三フッ化塩素の濃度は、15～57 vol%の範囲にあり、この濃度が15 vol%未満になるとBPSG膜を短時間で除去できない虞があり、また、三フッ化塩素の供給量が57 vol%を超えると反応容器2等にダメージを与える虞があって好ましくない。また、圧力が0.5 Torr未満ではエッチングレートが下がる虞があり、2.0 Torrを超えるとエッチングにバラツキが生じる虞があって好ましくない。

【0019】また、上記クリーニングガスに用いられるエッチングガスとしては、三フッ化塩素の他、例えば、三フッ化窒素、フッ化水素、四フッ化炭素、フッ素、六フッ化硫黄等のハロゲン化合物を挙げることができる。

【0020】次いで、本実施例のクリーニング方法を用いて反応容器2をクリーニングする場合において、クリーニング温度、クリーニングガス流量及びクリーニング圧力と、BPSG膜が形成された外筒21の内面と内筒22の内外面の各位置（図2参照）におけるクリーニング状態について種々検討した結果、図3～図5に示す結果が得られた。各図において、横軸の数字は、(1)～(7)が内筒22の直胴部内面の下端から上端までを等分した場合の測定位置を示し、下端部を(1)として上端部の(7)まで徐々に数字が大きくなり、また(8)～(13)が外筒2

1の直胴部内面及び内筒22の直胴部外面それぞれの下端から上端までを等分した場合の測定位置を示し、上部部を(8)として下端部の(13)まで徐々に数字が大きくなる。また、縦軸はBPSG膜のエッチング量を示している。

【0021】図3～図5に示した結果からも明らかなように、反応容器2の中でもBPSG膜が形成されやすい外筒21及び内筒22の上端部近傍ではいずれもクリーニングが行なわれやすく、また、反応容器2の中でもBPSG膜が形成され難い内筒22の下端部ではクリーニングが行なわれ難いことが判る。従って、本実施例のクリーニング方法を用いれば、反応容器2の中でもBPSG膜が形成されやすい部分を短時間で効率良くクリーニングできることが判る。また、クリーニングガスの温度がBPSG膜の形成温度よりも低い、550℃に設定すると、図3からも明らかなようにBPSG膜を除去し難いことが判る。また、700℃を超えるとエッチングレートが速くなり過ぎる。また、クリーニングガスでの三フッ化塩素の濃度を本発明の濃度範囲より低い10%に設定すると、図4からも明らかなようにBPSG膜を除去し難いことが判る。

【0022】以上説明したように本実施例によれば、クリーニングガスを用いて反応容器2内を成膜時に保持された温度と同温度でクリーニングするようにしたため、従来のように反応容器2の温度を昇降温させることなく、反応容器2、及び熱処理ポート3等の石英治具類の被膜を短時間で且つ効率良く除去することができ、バッチ式縦型熱処理装置の稼働効率を格段に高めることができる。また、成膜時に保持された温度近傍でクリーニングするため、反応容器2の昇降温がなく、この昇降温の繰り返しによる被膜の線膨張と反応容器2の材料の線膨張の差による応力の発生を防止して反応容器2のマイクロクラックの発生を抑制することができる。また、このような被膜と反応容器2との熱膨張率の違いによる被膜の剥離を抑制し、延いては被膜の剥離に起因したパーティクルの発生を確実に防止して歩留りを高めることができる。

【0023】次に、上記反応容器2とBPSG膜の熱膨張率の差に起因するマイクロクラックの有無について検証するために、図6に示すフローチャートに従って石英ウエハWにBPSG膜の成膜処理を施した後、この石英ウエハWのクリーニング処理を行なった。ここでは以下で説明するように、反応容器2と同材質からなる石英ウエハWを熱処理及びクリーニングし、この石英ウエハWにおけるマイクロクラックの有無について測定した。

【0024】まず、石英ウエハWを熱処理ポート3の中央に1枚挿入した後、この熱処理ポート3を例えば約600℃に加熱された反応容器2内へロードし、保温筒4のキャップ4Aで反応容器2の開口部を封止する（ステップ1）。次いで、真空ポンプ7を駆動させて反応容器

10

20

30

40

50

2内を例えば0.001Torr程度に減圧した後、1.0Torrの真空度を保持した状態で第1ガス供給管51のバルブ51Aを開放してガス供給管5を介して反応容器2内に反応性ガス、つまりTEOS、PH₃、TMB、O₂及びB-O₂をそれぞれ所定流量供給して石英ウエハWに5μm厚のBPSG膜を成膜した(ステップ2)。

【0025】次いで、上述の成膜温度下で、熱処理ポート3を反応容器2からアンロードしてBPSG膜が成膜された石英ウエハWの温度を常温に降温させた後(ステップ3)、再びその熱処理ポート3を熱処理温度近傍の温度下の反応容器2内にロードして上記石英ウエハWを反応容器2内に収納して上記石英ウエハWの温度を熱処理温度近傍の温度に昇温した後(ステップ4)、その温度下で反応容器2内を減圧して0.001Torrに減圧した後、1.0Torrの真空度を保持するように第2ガス供給管52のバルブ52Aを開放してガス供給管5を介して反応容器2内にクリーニングガス、つまり三フッ化塩素を700sccm、窒素ガスを2800sccmの供給量からなるクリーニングガスを40分前後供給して石英ウエハW及び反応容器2内をクリーニングしてBPSG膜を除去した(ステップ5)。引き続き、熱処理ポート3を反応容器2からアンロードし(ステップ6)、常温に降温した熱処理ポート3からクリーニング後の石英ウエハWを取り出し、その石英ウエハWを試料No.1とした。そして、試料No.1の表面状態を測定してその平均粗さ(Ra)を求めると共に、試料No.1の質量を測定して質量の変化を求め、それぞれの結果を下記表1に示した。また、この試料における、成膜前の試料No.1とクリーニング後の試料No.1の表面状態の測定結果を示したものが図7の(a)、(b)である。

【0026】また、上記ステップ2でBPSG膜が成膜された石英ウエハWをアンロードせず、直接ステップ5へ移り、そのまま上述したクリーニングと同一条件でステップ5のクリーニングを行ない、クリーニング後、その熱処理ポート3をアンロードし、その石英ウエハWを試料No.2として上記測定を行ない、試料No.2の平均粗さ(Ra)及び質量変化の結果を下記表1に示した。また、この試料における、成膜前の石英ウエハWとクリーニング後の石英ウエハWの表面状態の測定結果を示したものが図8の(a)、(b)である。

【0027】

【表1】

	試料No. 1	試料No. 2
Ra (A)	85	30
質量減少(g)	0.0335	0.0145

但し、Aはオングストロームを示す。また、各試料の元

の表面状態は20~30Aであった。

【0028】上記表1で示した結果によれば、試料No.1、試料No.2にはいずれも質量減少は認められるものの、クリーニング前にアンロードした試料No.1は表面の平均粗さ(Ra)が85Aで、元の平均粗さ(Ra)と比較して表面が荒れているのに対して、クリーニング前にアンロードせずにそのままクリーニングした試料No.2は30Aで、元の平均粗さ(Ra)からそれ程変化していないことが判った。この結果から、クリーニング時の反応容器2の温度を被処理体Wの処理時の温度近傍に保持した状態でクリーニングすれば、反応容器2の内面の粗さ、つまり損傷を抑制できることが判った。

【0029】更に、試料No.1の成膜前及びクリーニング後の各表面状態を示した図7の(a)、(b)で示した結果によれば、クリーニング後の表面にはマイクロクラックに基づいた約1600Aに達するピークが認められた。これに対して、アンロードしないで熱処理温度でそのままクリーニングした試料No.2についての同様の結果を示した図8の(a)、(b)によれば、ピークが認められなかった。この結果から、クリーニングに際して反応容器2の温度が昇降変化すれば、BPSG膜の熱膨張率と反応容器2の熱膨張率の差によって反応容器2にマイクロクラックが生じやすくなるのに対し、熱処理温度の近傍の温度でクリーニングすることにより反応容器2のマイクロクラックを抑制できることが判った。

【0030】尚、上記実施例ではエッチングガスとして三フッ化塩素を、エッチングガスを希釈するキャリアガスとして窒素ガスをを用いたクリーニングガスについてのみ説明したが、本発明に用いられるクリーニングガスは、上記実施例に何等制限されるものではなく、エッチングガスとしては上述した三フッ化窒素、フッ化水素、四フッ化炭素、フッ素、六フッ化硫黄等のハロゲン化合物を用いることができ、また、キャリアガスとしては不活性ガス等のようにエッチングガスとの反応性を有しないガスを用いることができる。

【0031】また、上記実施例では、BPSG膜を除去するクリーニング方法についてのみ説明したが、本発明のクリーニング方法は、上記実施例に何等制限されるものではなく、例えば、BPSGと同種のPSG、BSG、AsSG等のシリコンガラス系膜、ポリシリコン、アモルファスシリコン等のシリコン系膜、シリコン窒化膜等の被膜についても適用することができる。

【0032】また、上記実施例ではバッチ式縦型熱処理装置についてのみ説明したが、本発明は、枚葉式の熱処理装置等、その他の成膜工程に用いられる処理装置に広く適用することができる。

【0033】要するに本発明は、処理容器のクリーニング温度を、上記被処理体の処理時に保持されている上記処理容器の温度近傍に保持した状態で、上記処理容器内にクリーニングガスを供給し、このクリーニングガスに

より上記処理容器内に形成された被膜を除去するようにしたクリーニング方法であればよく、上記実施例に何等制限されるものではない。

【0034】

【発明の効果】以上説明したように本発明の請求項1に記載の発明によれば、処理容器のクリーニング温度を、被処理体の処理時に保持されている処理容器の温度近傍に保持した状態でクリーニングすることにより、クリーニング時に被膜を処理容器等から剥離させることなく、

しかも種々のクリーニングガスを用いて処理容器等にダメージを与えることなく短時間で効率良くクリーニングできるクリーニング方法を提供することができる。

【0035】また、本発明の請求項2に記載の発明によれば、処理容器内に形成されたBP SG膜を除去するには、所定比の三フッ化塩素ガスと窒素ガスとからなるクリーニングガスを用いることにより、クリーニング時にBP SG膜を処理容器等から剥離させることなく、しかも処理容器等にダメージを与えることなく短時間で効率良くBP SG膜を除去できるクリーニング方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のクリーニング方法の好ましい一実施例が適用される熱処理装置を示す構成図である。

【図2】反応容器内におけるBP SG膜の測定位置を示す説明図である。

【図3】クリーニング温度と反応容器内の各位置におけ

＊るクリーニング状態との関係を示すグラフである。

【図4】クリーニングガス流量と反応容器内の各位置におけるクリーニング状態との関係を示すグラフである。

【図5】クリーニングガス圧力と反応容器内の各位置におけるクリーニング状態との関係を示すグラフである。

【図6】本発明のクリーニング方法の好ましい一実施例によって図1に示す反応容器のダメージの有無を検証する試験の流れを示すフローチャートである。

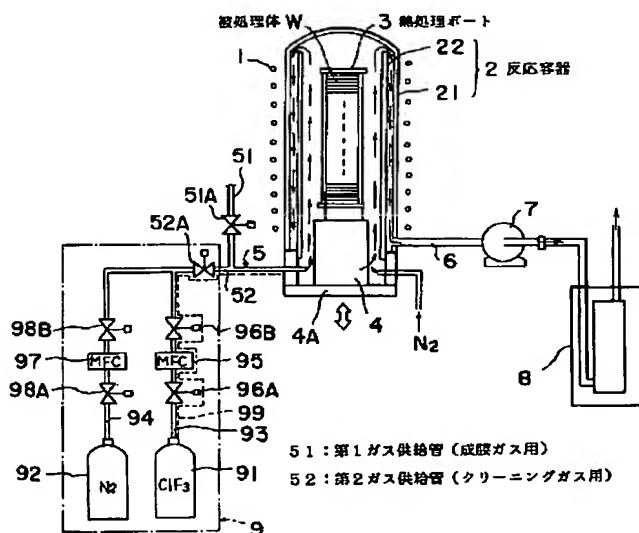
【図7】図2に示す試験で得られた試料の表面状態を示すグラフで、同図(a)は成膜前の試料の表面状態を示す図、同図(b)はアンロード後クリーニングした時の試料の表面状態を示す図である。

【図8】図2に示す試験で得られた試料の表面状態を示すグラフで、同図(a)は成膜前の試料の表面状態を示す図、同図(b)はアンロードせずに熱処理時の温度でそのままクリーニングした時の試料の表面状態を示す図である。

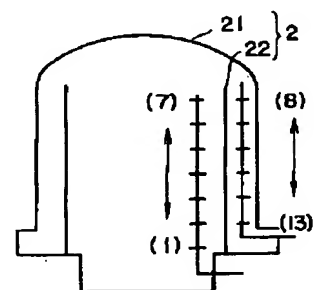
【符号の説明】

- | | |
|----|--------------------|
| W | 被処理体 |
| 2 | 反応容器（処理容器） |
| 3 | 熱処理ポート |
| 5 | ガス供給管 |
| 7 | 真空ポンプ |
| 9 | クリーニングガス供給装置 |
| 51 | 第1ガス供給管（成膜ガス用） |
| 52 | 第2ガス供給管（クリーニングガス用） |

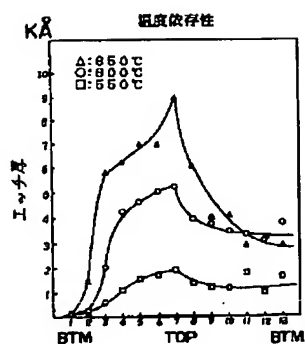
【図1】



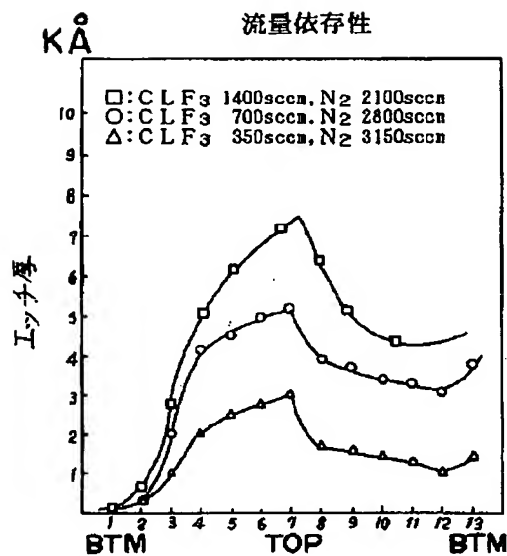
【図2】



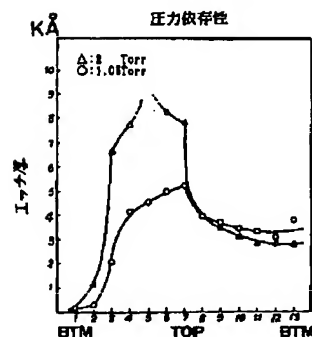
【図3】



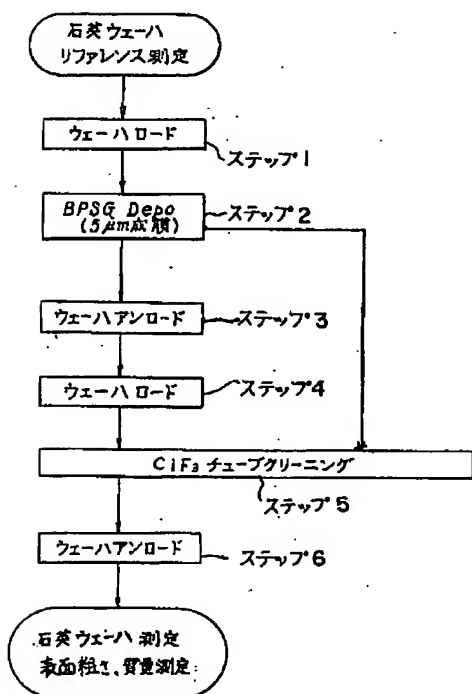
【図4】



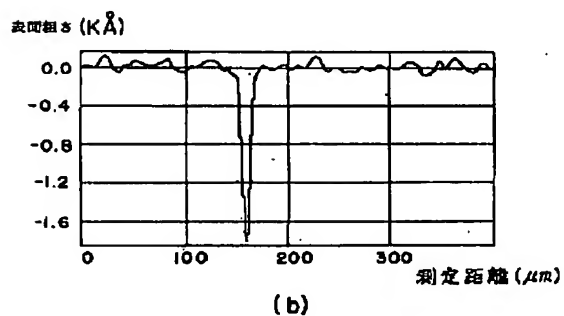
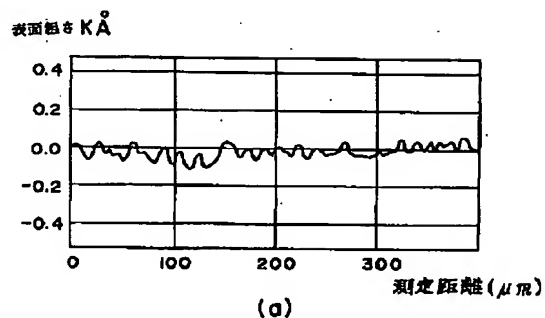
【図5】



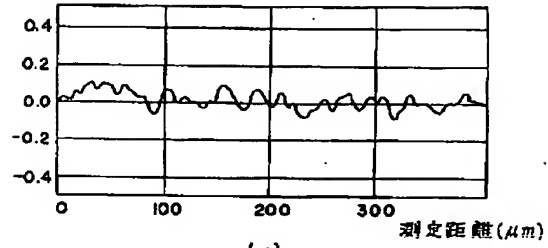
【図6】



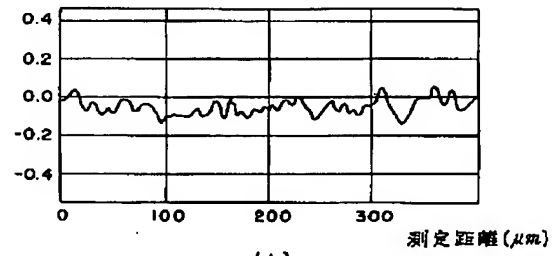
【図7】



【図8】

表面粗さ ($\text{K}\text{\AA}$)

(a)

表面粗さ ($\text{K}\text{\AA}$)

(b)